



PCT/PL03/00064

REC'D 24 FEB 2004

WIPO

PCT

ZAŚWIADCZENIE

Seco / Warwick Sp. z o.o.

Świebodzin, Polska

złożyła w Urzędzie Patentowym Rzeczypospolitej Polskiej dnia 05 lipca 2002 r. podanie o udzielenie patentu na wynalazek pt.: „Układ regulacji temperatury.”

Dołączone do niniejszego zaświadczenia opis wynalazku, zastrzeżenia patentowe i rysunek są wierną kopią dokumentów złożonych przy podaniu w dniu 05 lipca 2002 r.

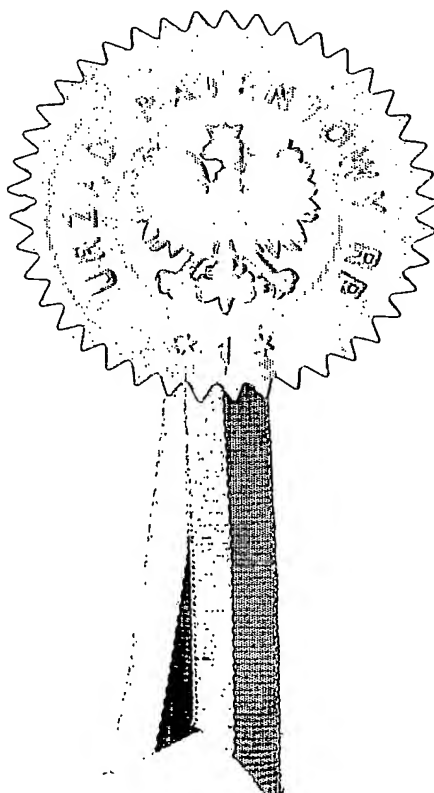
Podanie złożono za numerem P-354910

Warszawa, dnia 04 lutego 2004 r.

z upoważnienia Prezesa


inż. Barbara Zabczyk

Naczelnik



**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) or (b)

BEST AVAILABLE COPY

Układ regulacji temperatury

Przedmiotem wynalazku jest układ regulacji temperatur w procesie termicznym w trakcie wygrzewania lub schładzania.

W znanych urządzeniach termicznych układ płynnej regulacji mocy rezystancyjnych elementów grzejnych oparty jest na trójfazowym sterowniku tyrystorowym lub transduktorowym wzmacniaczu mocy. Sterownik tyrystorowy podłączony do elektrycznej sieci zasilającej poprzez łącznik roboczy reguluje moc na podstawie sygnału sterującego z programowanego regulatora temperatury, poprzez zmianę wartości skutecznej napięcia wyjściowego w wyniku załączania i wyłączania pełnych cykli sinusoidalnego napięcia zasilającego (regulacja proporcjonalno-czasowa lub grupowa), gdzie średnie napięcie wyjściowe U jest proporcjonalne do napięcia zasilającego U_n i czasu załączenia T_z oraz odwrotnie proporcjonalne do okresu T ; $U = U_n \times T_z / T$ lub przez obcinanie części sinusoidalnego przebiegu napięcia zasilającego (regulacja fazowa).

Transduktorowy wzmacniacz mocy reguluje moc na podstawie sygnału sterującego z układu regulacji, poprzez zmianę wartości skutecznej prądu wyjściowego w wyniku oddziaływania na prąd uzwojenia podmagnesowania transduktora.

Praca silnika dmuchaw wymuszającej cyrkulację gazu chłodzącego przez wsad w typowych urządzeniach termicznych, nie podlega regulacji, proces chłodzenia nie jest kontrolowany.. Silnik pracuje na standardowych parametrach wynikających z warunków obciążenia i jest bezpośrednio podłączony do elektrycznej sieci zasilającej. W przypadku silników o mocach przekraczających kilkadziesiąt kW w celu ograniczenia prądów rozruchowych stosowane są układy łagodnego rozruchu (soft-start). Niektóre rozwiązania przewidują zastosowanie silnika dwubiegowego o stosunku obrotów znamionowych biegu szybkiego do wolnego około 2:1 i mocy znamionowej odpowiednio 4:1, co pozwala na pracę silnika na dwóch prędkościach obrotowych i mocach oraz na zróżnicowanie szybkości chłodzenia; chłodzenie wolne na biegu wolnym i szybsze na biegu szybkim.

Najnowsze rozwiązania zakładają pełną kontrolę procesu chłodzenia wsadu, na podstawie sygnału wypracowanego przez regulator temperatury poprzez regulację prędkości obrotowej silnika wentylatora chłodzącego w zakresie od 0 do 100 % lub więcej prędkości znamionowej. W tym celu stosowane są przetwornice częstotliwości zwane falownikami, które regulują prędkość obrotową silnika indukcyjnego poprzez modulację wartości skutecznej napięcia i jego częstotliwości lub fazy. Ze względu na charakterystykę pracy silnika obciążonego dmuchawą nie jest możliwa niezależna regulacja prędkości obrotowej, mocy i momentu silnika, gdyż zmiana jednego z parametrów automatycznie pociąga zmianę pozostałych, dlatego sterując prędkością obrotową silnika indukcyjnego, zmianie podlega również jego moc, czy moment. W takim przypadku silnik podłączony jest do wyjścia falownika poprzez stycznik. Falownik pobiera energię z trójfazowej sieci zasilającej i przetwarza ją na trójfazowe zasilanie silnika o odpowiedniej

charakterystyce napięciowo-częstotliwościowej, wymuszając tym samym wymaganą jego prędkość obrotową i oddawaną moc, czy moment.

Zadaniem wynalazku jest stworzenie jednego układu naprzemiennie sterującego procesem nagrzewania i procesem chłodzenia, który będzie sterowany jednym sygnałem regulacyjnym.

Układ regulacji temperatury według wynalazku zbudowany jest z falownika, na którego wyjściu poprzez styczniki, równocześnie, podłączone są: co najmniej jeden układ grzejny i co najmniej jeden układ chłodzący.

Układ grzejny z rezystancyjnymi elementami grzejnymi uruchamiany jest stycznikiem układu grzania. W układ ten może wchodzić transformator, którego zadaniem jest dopasowanie napięcia, jeśli tego wymagają elementy grzejne. Jest on włączony między stycznikiem układu grzania a rezystancyjnymi elementami grzejnymi.

Układ chłodzenia w postaci dmuchawy uruchamiany jest stycznikiem dmuchawy. Również i ten układ może zawierać transformator dopasowujący napięcie do silnika dmuchawy.

Styczniki układu grzania i układu chłodzenia podłączone do wyjścia falownika są sterowane regulatorem temperatury.

W układzie tym korzystne jest aby prąd znamionowy układu grzejnego i układu chłodzenia był porównywalny przy zachowaniu stosunku 0,33 – 3 prądu w obu układach. Podobnie, napięcie znamionowe zasilania układu grzejnego i układu chłodzenia powinno być także porównywalne przy zachowaniu stosunku 0,33 – 3 napięcia znamionowego zasilającego oba układy.

Zastosowanie jednego falownika pozwala na przemiennie sterowanie układem grzania i układem chłodzenia podczas regulacji temperatury. Tym

samym znacznie upraszcza się sterowanie procesem grzania i chłodzenia a także redukuje ilość elementów niezbędnych do wykonania takiego układu. Układ ten poprawia wyraźnie własności użytkowego i eksploatacyjne pieca.

Układ według wynalazku w przykładzie wykonania przedstawiony został na załączonym rysunku.

W tym przykładzie wykonania urządzeniem termicznym UT jest piec próżniowy wyposażony w rezystancyjne elementy grzejne R o mocy 300 kW oraz chłodzącą dmuchawę MD napędzaną silnikiem 250 kW.

Układ grzejny z transformatorem TR i elementami grzejnymi R zasilany jest napięciem znamionowym 3x400 V, 50 Hz a prąd znamionowy wynosi 456 A.

Układ chłodzenia z transformatorem TRD i silnikiem dmuchawy MD zasilany jest napięciem znamionowym 3x400 V, 50 Hz a prąd znamionowy wynosi 464 A.

Oba te układy, poprzez styczniki SG i SD podłączone są do falownika F o wyjściowym napięciu znamionowym 3x400 V i prądzie 480 A oraz o konfiguracji charakterystyki roboczej $U/f + 8 \text{ V/Hz}$ (440V/50 Hz) i analogowym sygnale regulacyjnym 4-20mA, odpowiadającym częstotliwości zadanej 0-50 Hz.

Styczniki SG i SD są sterowane regulatorem temperatury RT.

Cały układ regulacji temperatury zasilany jest z elektrycznej sieci zasilającej ESZ 3x400 V, 50 Hz i ma łącznik LR oraz styczniki SG i SD dobrane do prądu 630A.

W układzie tym proces regulacji temperatury odbywa się według przebiegu czasowo-temperaturowego

Proces termiczny zaprogramowano według następującego przebiegu czasowo-temperaturowego:

- Rozgrzewanie od temperatury otoczenia do 800°C z szybkością $15^{\circ}\text{C}/\text{min}$
- Wytrzymanie w temp. 800°C przez czas 2 godz.
- Rozgrzewanie do 1050°C z szybkością $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$
- Wytrzymanie w temperaturze 1050°C przez czas 1 godz.
- Chłodzenie do temperatury 300°C z szybkością $30^{\circ}\text{C}/\text{min}$
- Chłodzenie do temperatury 70°C z szybkością $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$

Po rozpoczęciu procesu następuje włączenie układu regulacji grzania. Regulator temperatury RT włącza stycznik grzania SG oraz wysyła sygnał regulacyjny do falownika. Sygnał regulacyjny jest wynikiem kalkulacji algorytmu PID powstającej na podstawie wielkości i zmiany uchybu regulacji, czyli różnicy pomiędzy pomiarem temperatury z czujnika CT oraz programowej, chwilowej wartości zadanej

Jeżeli temperatura z czujnika CT wykazuje zbyt małą dynamikę wzrostu w porównaniu do chwilowej wartości zadanej to wartość sygnału regulacyjnego zasilającego elementy grzejne R przez transformator TR rośnie, co powoduje wzrost częstotliwości i napięcia wychodzącego z falownika F. Z kolei wzrost napięcia zasilającego elementy grzejne powoduje zwiększenie wydzielonej na nich mocy co powoduje zwiększenie dynamiki wzrostu temperatury.

Jeżeli temperatura z czujnika CT wykazuje zbyt dużą dynamikę wzrostu w porównaniu do chwilowej wartości zadanej to wartość sygnału regulacyjnego maleje, co powoduje spadek częstotliwości i napięcia wychodzącego z falownika F.

Z kolei obniżenie napięcia zasilającego elementy grzejne powoduje zmniejszenie wydzielonej na nich mocy, co powoduje spadek dynamiki wzrostu lub wręcz obniżenie temperatury.

Na powyższych zasadach regulator temperatury RT przeprowadza rozgrzewanie pieca według zaprogramowanego procesu dochodząc do temperatury 1050°C.


Po jednej godzinie wytrzymania przy temperaturze 1050°C następuje przełączenie układu regulacji z grzania na chłodzenie. Regulator temperatury RT zeruje sygnał regulacyjny, wyłącza stycznik grzania [SG] oraz załącza stycznik układu chłodzenia SD. Następnie wysyła sygnał regulacyjny będący wynikiem kalkulacji algorytmu PID, powstającej na podstawie wielkości i zmiany uchybu regulacji, czyli odwrotnie niż poprzednio; różnicy pomiędzy programową, chwilową wartością zadaną, a pomiarem temperatury z czujnika CT do falownika

Jeżeli temperatura z czujnika CT wykazuje zbyt małą dynamikę spadku w porównaniu do chwilowej wartości zadanej to wartość sygnału regulacyjnego rośnie, co powoduje wzrost częstotliwości i napięcia wychodzącego z falownika F. Z kolei wzrost częstotliwości i napięcia zasilającego silnik dmuchawy MD poprzez transformator TRD, powoduje zwiększenie jego prędkości obrotowej, a tym samym wydzielonej mocy dmuchawy chłodzącej i wtedy następuje zwiększenie dynamiki spadku temperatury.

Jeżeli temperatura z czujnika CT wykazuje zbyt dużą dynamikę spadku w porównaniu do chwilowej wartości zadanej to wartość sygnału regulacyjnego maleje, co powoduje spadek częstotliwości i napięcia wychodzącego z falownika F. Z kolei spadek częstotliwości i napięcia zasilającego silnik dmuchawy MD poprzez transformator TRD powoduje zmniejszenie jego prędkości obrotowej, a tym samym wydzielonej mocy dmuchawy chłodzącej, co powoduje zmniejszenie dynamiki spadku temperatury.

Według powyższych reguł, regulator temperatury RT przeprowadza chło-

dzenie pieca według zaprogramowanego procesu dochodząc do temperatury 70°C, kiedy to następuje wyłączenie układu regulacji temperatury i zakończenie procesu termicznego.

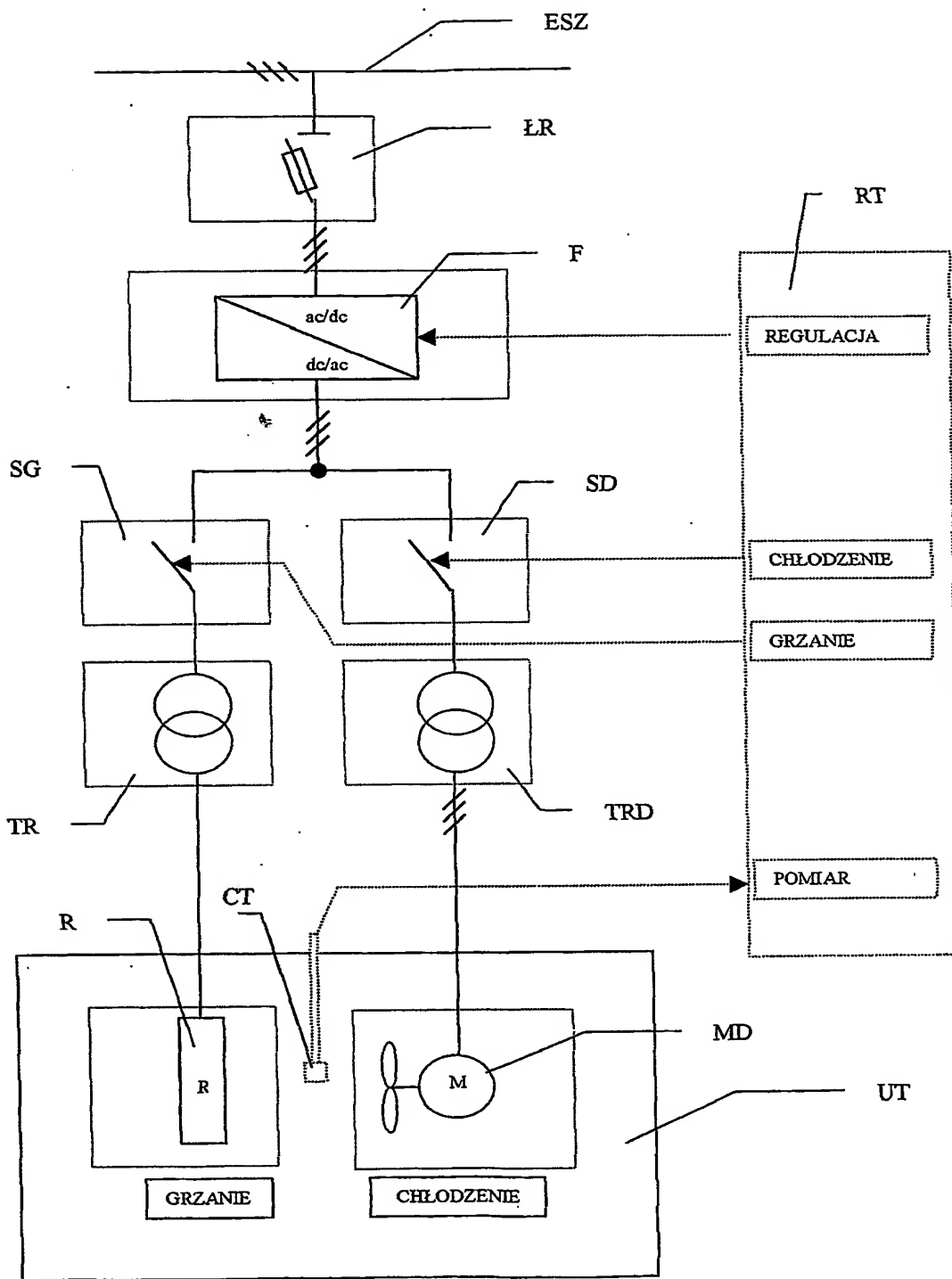

Andrzej Nisztuk
Pracownik patentowy
Wpis UP RP nr 2300

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ regulacji temperatury w urządzeniu termicznym wyposażonym w czujnik temperatur oraz rezystancyjne elementy grzejne i dmuchawę napędzaną silnikiem podłączone poprzez styczniki do wyjścia falownika zasilanego poprzez łącznik z elektrycznej sieci zasilającej, natomiast przebieg temperatur w urządzeniu tym jest zaprogramowany w regulatorze temperatury sterującym falownikiem, *znamienny tym*, że wyjście falownika (F) jest równocześnie połączone poprzez stycznik (SG) co najmniej jednym układem ugrzania z rezystancyjnymi elementami grzejnymi i poprzez stycznik (SD) z co najmniej jednym układem chłodzenia z silnikiem dmuchawy (MD), a działaniem styczników układu (SG i SD) steruje regulator temperatury (RT).
2. Układ regulacji temperatury *według zastrz. 1*, *znamienny tym*, że między stycznikiem (SG) układu grzania a rezystancyjnymi elementami grzejnymi (R) włączony jest transformator (TR).
3. Układ regulacji temperatury *według zastrz. 1*, *znamienny tym*, że między stycznikiem (SD) dmuchawy a silnikiem dmuchawy (MD) włączony jest transformator (TRD).
4. Układ regulacji temperatury *według zastrz. 1*, *znamienny tym*, że najkorzystniej jest aby prąd znamionowy układu grzejnego i układu chłodzenia miał zachowany stosunek 0,33 - 3.

5. Układ regulacji temperatury *według zastrz. 1*, znamienny tym, że najkorzystniej jest aby napięcie znamionowe zasilania układu grzejnego i układu chłodzenia miało zachowany stosunek 0,33 - 3.

mgr Helena Nisztuk
Rzecznik patentowy
WPIS UP RP nr 2300



mgr Helena Nisznik
Rzecznik patentowy
Wpis UP RP nr 2300